

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 G02B 5/18, 6/00, H01S 3/08, 3/18	A1	(11) 国際公開番号 WO97/14983 (43) 国際公開日 1997年4月24日(24.04.97)
(21) 国際出願番号 PCT/JP96/03000 (22) 国際出願日 1996年10月16日(16.10.96) (30) 優先権データ 特願平7/267499 1995年10月16日(16.10.95) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)[JP/JP] 〒541 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka, (JP) (72) 発明者: および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 若見俊則(WAKAMI, Toshinori)[JP/JP] 重松昌行(SHIGEMATSU, Masayuki)[JP/JP] 寺沢良明(TERASAWA, Yoshiaki)[JP/JP] 井上 享(INOUE, Akira)[JP/JP] 茂原政一(SHIGEHARA, Masakazu)[JP/JP] 岩島 徹(IWASHIMA, Toru)[JP/JP] 〒244 神奈川県横浜市長谷区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP)		(74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.) 〒104 東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6F 創英国際特許事務所 Tokyo, (JP) (81) 指定国 AU, CA, CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書 請求の範囲の補正の期限前であり、補正書受領の際には再公開される。
(54)Title: OPTICAL FIBER DIFFRACTION GRATING, PRODUCTION METHOD THEREOF AND LASER LIGHT SOURCE (54)発明の名称 光ファイバ回折格子及びその製造方法並びにレーザ光源 <div data-bbox="370 1327 1075 1654" data-label="Image"> </div> (57) Abstract An optical fiber diffraction grating comprising an optical fiber (10) having a diameter of 125 μm provided with diffraction grating extending along its optical axis, a coaxial silicone resin coating (14) of 300 μm in outside diameter on the optical fiber (12), another coaxial coating (16) of 900 μm in outside diameter of a liquid crystal polymer such as a polyester amide, and an outermost coating (18) of 1 mm in outside diameter made of a UV-cured color resin for identification, wherein the optical fiber (10) and the coating (14) have positive thermal expansion coefficients, whereas the liquid-crystal polymer coating (16) has a negative thermal expansion coefficient.		

(57) 要約

光を伝送する直径125 μ mの光ファイバ10内に、その光軸方向に沿って回折格子部12が形成され、その周囲を外径300 μ mのシリコン樹脂からなる下層ひふくぶ14によって同心円状に取り囲まれ、また、その周囲を外径900 μ mの液晶高分子、例えばポリエステルアミドからなるひふくぶ16によって同心円状に取り囲まれ、更に、その周辺を外径1mmの識別用の着色UV硬化樹脂からなる最外層被覆部18によって取り囲まれている。ここで、光ファイバ10及び下層被覆部14は共に正の熱膨張係数を有するのに対し、液晶高分子からなる被覆部16は、負の熱膨張係数を有している。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SD	スーダン
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AZ	アゼルバイジャン	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
BB	ババルバドス	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SI	スロベニア
BE	ベルギー	GE	グルジア	MC	モナコ	SK	スロバキア共和国
BG	ブルガリア	GH	ガーナ	MD	モルドバ	SN	セネガル
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア	TD	チャド
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	UA	ウクライナ	TG	トゴ
CA	カナダ	IE	アイルランド	ML	マリ	TJ	タジキスタン
CC	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	MR	モーリタニア	TR	トルコ
CG	コンゴ	JP	日本	MW	マラウイ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	KE	ケニア	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CI	コート・ジボワール	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NE	ニジェール	US	米国
CN	中国	KR	大韓民国	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン共和国
CO	コロンビア	KZ	カザフスタン	NO	ノルウェー	VN	ベトナム
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラビア
DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル		
				RO	ルーマニア		

明細書

光ファイバ回折格子及びその製造方法並びにレーザ光源

技術分野

本発明は、入射光に対して特定の波長の光を反射する回折格子部が光ファイバ内に形成されている光ファイバ回折格子、及びその製造方法、並びに光ファイバ回折格子を外部共振反射器として使用する光ファイバ回折格子レーザに関するものである。

背景技術

近年、光ファイバ回折格子は、入射光に対して特定の反射波長の光を出射することができるため、波長の異なる光信号を1本の光ファイバを介して多重伝送する分割多重伝送波長分割多重伝送方式の光通信システムにおける重要な光部品として注目されている。

このような光ファイバ回折格子は、一般に、光軸方向に沿ってコアの屈折率が変化する回折格子部を備える光ファイバ回折格子部が形成されている光ファイバガラス部を同心円状に取り囲むプラスチック材料からなる被覆部とから構成されている。そしてこの被覆部は、光ファイバガラス部表面を保護するために設けられたものであり、通常、UV（紫外線）硬化樹脂やシリコン樹脂等からなり、光ファイバガラス部を直接に取り囲んでいる1次被覆部と、この下層被覆部の周囲に設けられたポリエチレン樹脂等からなる2次被覆部とから構成されている。また、強度特性や耐水素特性の改善のため、直接ガラス部を取り囲む1次被覆を2層とし、下層としてカーボンコートを施すこともある。

しかし、このように構成された光ファイバ回折格子においては、使用温度範囲では光ファイバが正の線熱膨張係数を有しているため、周囲温度が変化すると、光ファイバが伸縮して、光ファイバに応力が印加されることになる。従って、光弾性効果により、光ファイバガラス部の屈折率が変化するため、回折格子部によ

る反射波長が変化することになる。

このような光ファイバ回折格子における温度変化に対する反射波長の不安定性は、分割多重伝送波長分割多重伝送方式の光通信システムに使用する場合、無視できない問題であった。また、このような従来の光ファイバ回折格子をレーザの外部共振反射器として使用する光ファイバ回折格子レーザの場合、周囲温度の変化によりレーザの発振波長が変動して、安定性に欠けるという問題もあった。

このような問題を解決するため、光ファイバ回折格子を温度変化の小さいアンバー棒などに固定する方法が提案されている (G.W.Yoffe, et. al., "Temperature-compensated optical-fiber Bragg gratings", OFC '95, Technical Digest, W14, pp134-135 参照)。

即ち、図6に示すように、熱膨張係数の小さい長さ15cmのアンバー棒50の両端にそれぞれ熱膨張係数の比較的大きいA1ブラケット52a、52bを取り付け、これらのA1ブラケット52a、52bに、留め金54a、54bを用いて光ファイバ回折格子56を所定の張力で引っ張った状態で固定する。このとき、光ファイバ回折格子56の回折格子部58が2つの留め金54a、54bの中間にくるようにする。

いま、周囲温度が上昇すると、一方において、2つの留め金54a、54bで固定されている光ファイバ回折格子56は伸長しようとするが、他方において、A1ブラケット52a、52bも同時に伸長し、2つの留め金54a、54b間の距離を短縮しようとする。従って、これら2つの正反対方向の力が相殺され、光ファイバ回折格子56の回折格子部58に印加される応力は減少されるため、周囲温度が上昇しても、回折格子部58による反射波長が長波長側に変動することを防止することができる。

しかしながら、上記の光ファイバ回折格子を温度変化の小さいアンバー棒などに固定することにより、回折格子部による反射波長の温度変化に対する変動を防止する方法は、機構的に複雑になり、その取扱いが難しいという問題があった。

従って、取扱いが容易なより単純な構成で温度変化に対する反射波長の変動を防止する方法の実現が課題となっていた。

そこで本発明は、上記の状況を鑑みてなされたものであり、取扱いが容易な単純な構成で温度変化に対する反射波長の安定性を確保し、信頼性を向上させた光ファイバ回折格子を提供することを目的とする。

また、このような光ファイバ回折格子を容易に製造することができる光ファイバ回折格子の製造方法を提供することを目的とする。

更に、光ファイバ回折格子を共振反射器として使用するレーザにおいて、温度変化に対する発振波長の安定性を確保が変動することができる光ファイバ回折格子レーザを提供することを目的とする。

発明の開示

請求項1の光ファイバ回折格子は、(a) 光軸方向に沿ってコアの屈折率が変化する回折格子部を備える、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバと、(b) 回折格子部が形成された光ファイバを同心円状に取り囲む、使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子からなる第1の被覆部とを備えることを特徴とする。ここで、第1の被覆部をなす液晶高分子としては、ポリエステルアミド等が用いられる。

請求項1の光ファイバ回折格子においては、正の熱膨張率を有する光ファイバの周囲が液晶高分子からなる第1の被覆部によって取り囲まれており、また、この液晶高分子は負の熱膨張係数を有しているため、周囲温度の変化に伴って生じる液晶高分子からなる第1の被覆部の伸縮は、正の線熱膨張係数を有している光ファイバの光学的伸縮を打ち消すように作用する。このため、光ファイバおよび液晶高分子からなる第1の被覆部の熱膨張係数を基礎として光ファイバの断面積および液晶高分子からなる第1の被覆部の肉厚を制御することにより、温度変化に伴う被覆部の伸縮と光ファイバの光学的伸縮とを正確に打ち消すようにすることが可能となる。従って、光ファイバ回折格子の回折格子部への応力の印加を防

止することができるため、光弾性効果による光ファイバの屈折率の変化も生じず、回折格子部による反射波長の変動が防止される。こうして、光ファイバ回折格子の反射波長の温度変化に対する安定性を確保し、その信頼性を向上させることができる。

なお、上記の光ファイバ回折格子において、光ファイバと液晶高分子からなる第1の被覆部との間に、光ファイバを同心円状に取り囲むプラスチック材料またはカーボン材料からなる第2の被覆部を有することが好適である。ここで、第2の被覆部をなすプラスチック材料としては、UV硬化樹脂やシリコン樹脂等が用いられる。

この場合、負の熱膨張係数を有している液晶高分子からなる第1の被覆部の温度変化に伴う伸縮は、光ファイバとこれに密着しているプラスチック材料またはカーボン材料からなる第2の被覆部の総体としての正の熱膨張係数に基づく伸縮を打ち消すように作用するため、光ファイバの断面積、プラスチック材料またはカーボン材料からなる第2の被覆部の肉厚、および液晶高分子からなる第1の被覆部の肉厚を制御することにより、温度変化に伴う光ファイバ回折格子の回折格子部への応力の印加を防止し、回折格子部による反射波長の変動を防止することができる。

請求項3の光ファイバ回折格子の製造方法は、(a) 光ファイバ用プリフォームを線引きして、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバを作製する第1の工程と、(b) 光ファイバの光軸方向に沿って、少なくともコアの屈折率を変化させて回折格子部を形成する第2の工程と、(c) 回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子材料を押し出し形成し、光ファイバを同心円状に取り囲む液晶高分子からなる第1の被覆部を形成する第3の工程とを備えることを特徴とする。

請求項3の光ファイバ回折格子の製造方法においては、回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、液晶高分子を押し出し形成するため、通常の光ファイバ

ケーブルの製造においてポリエチレン樹脂を被覆する際に使用する押出し装置と同様の押出し装置を使用することが可能である。従って、従来の光ファイバ回折格子の製造と比較しても、何ら特別な困難を伴うことなく、容易に光ファイバ回折格子を製造することができる。

なお、請求項 3 の光ファイバ回折格子の製造方法において、第 2 の工程が、光ファイバの複数の箇所に回折格子部を形成する工程であり、第 3 の工程の後に、液晶高分子からなる第 1 の被覆部及び光ファイバを切断して、1 の回折格子部が形成された単位光ファイバおよび単位光ファイバの周囲の液晶高分子からなる第 1 の被覆部ごとに分割する工程を有してもよい。

この場合、複数の箇所に回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、液晶高分子材料を押し出し形成し、光ファイバを同心円状に取り囲む液晶高分子からなる第 1 の被覆部を一括して形成した後、各光ファイバ回折格子ごとに分割するため、光ファイバ回折格子を大量に、かつ連続的に製造することができる。

請求項 5 の光ファイバ回折格子の製造方法は、(a) 光ファイバ用プリフォームを線引きして、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバを作製する第 1 の工程と、(b) 光ファイバの周囲に、光ファイバを同心円状に取り囲む第 2 の被覆部を形成する第 2 の工程と、(c) 第 2 の被覆部の一部を剥離した後、光ファイバの露出部の光軸方向に沿って、少なくともコアの屈折率を変化させて回折格子部を形成する第 3 の工程と、(d) 回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、再度第 2 の被覆部を形成する第 4 の工程と、(e) 光ファイバを被覆する第 2 の被覆部の周囲に、使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子材料を押し出し形成し、光ファイバを同心円状に取り囲む液晶高分子からなる第 1 の被覆部を形成する第 5 の工程とを備えることを特徴とする。

この場合、請求項 3 の光ファイバ回折格子の製造方法の場合と同様にして、従来の光ファイバ回折格子の製造と比較しても、何ら特別な困難を伴うことなく、容易に光ファイバ回折格子を製造することができる。

なお、この光ファイバ回折格子の製造方法において、第3及び第4の工程が、第2の被覆部の一部を剥離した後、光ファイバの露出部内に回折格子部を形成する工程および回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、再度第2の被覆部を形成する工程を複数回繰り返して、光ファイバの複数の箇所に回折格子部を形成すると共に、複数の箇所に回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、再度第2の被覆部を形成する工程であり、第5の工程の後に、液晶高分子からなる第1の被覆部および光ファイバを切断して、1の回折格子部が形成された単位光ファイバおよび単位光ファイバの周囲の液晶高分子からなる第1の被覆部ごとに分割する工程を備えてもよい。

この場合、第2の被覆部の一部剥離と、光ファイバの露出部内への回折格子部の形成とを複数回繰り返して、光ファイバの複数の箇所に回折格子部を形成し、続いて、複数の箇所に回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、液晶高分子からなる第1の被覆部を一括して形成した後、各光ファイバ回折格子ごとに分割するため、光ファイバ回折格子を大量に、かつ連続的に製造することができる。

また、本発明に係る光ファイバ回折格子レーザは、(a)レーザ媒質と、(b)レーザ媒質の外部共振反射器として使用する請求項1の光ファイバ回折格子とを備えることを特徴とする。

ここで、レーザ媒質としては、レーザダイオードや、①励起光を出射する励起光源と、②励起光を入力する希土類添加光ファイバとを備えて構成してもよい。

請求項7のレーザ光源においては、レーザ媒質の外部共振反射器として、請求項1の光ファイバ回折格子、即ち回折格子部が形成された光ファイバを光ファイバの熱膨張率とは逆の符号の熱膨張率を有する液晶高分子からなる第1の被覆部が同心円状に取り囲み、温度変化による光ファイバガラス部の光学的伸縮を打ち消す光ファイバ回折格子を使用することにより、光ファイバ回折格子における反射波長の温度変化に対する安定性が確保されるため、温度変化に対するレーザ光源の発振波長の安定性を確保することができる。

図面の簡単な説明

図 1 A 及び図 1 B は、本発明の実施例に係る光ファイバ回折格子の構成図である。

図 2 は、図 1 の光ファイバ回折格子の製造方法を説明するフローチャートである。

図 3 は、第 1 適用例に係るレーザ光源の構成図である。

図 4 は、図 3 のレーザ光源の発振波長の温度依存性を示すグラフである。

図 5 は、第 2 適用例に係るレーザ光源の構成図である。

図 6 は、従来の光ファイバ回折格子の反射波長の温度変化に対する変動を防止する方法の説明図である。

図 7 A 及び図 7 B は、本発明の別の実施例に係る光ファイバ回折格子の構成図である。

図 8 A 及び図 8 B は、本発明の別の実施例に係る光ファイバ回折格子の構造図である。

図 9 A 及び図 9 B は、本発明の別の実施例に係る光ファイバ回折格子の構造図である。

図 10 A 及び図 10 B は、本発明の別の実施例に係る光ファイバ回折格子の構造図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照して本発明の実施例を説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

図 1 A 及び図 1 B は、本発明の実施例に係る光ファイバ回折格子の構成図である。図 1 A は実施形態に係る光ファイバ回折格子を示す透視平面図、図 1 B は図 1 A の光ファイバ回折格子を示す縦断面図である。

図 1 A 及び図 1 B に示すように、本実施例に係る光ファイバ回折格子においては、光を伝送する直径 $125\mu\text{m}$ の光ファイバ 10 内に、その光軸方向に沿って、

光ファイバ10のコアの屈折率を変化させる所定の周期、所定の長さの回折格子部12が形成されている。また、この回折格子部12が形成された光ファイバ10は、その周囲を外径300 μ mのプラスチック材料、例えばシリコン樹脂からなる下層被覆部14によって同心円状に取り囲まれている。また、このシリコン樹脂からなる下層被覆部14は、その周囲を外径900 μ mの液晶高分子、例えばポリエステルアミドからなる被覆部16によって同心円状に取り囲まれている。更に、このポリエステルアミドからなる被覆部16は、その周囲を外径1mmの識別用の着色UV硬化樹脂からなる最外層被覆部18によって取り囲まれている。

このように第1実施例に係る光ファイバ回折格子は、回折格子部12が形成された光ファイバ10と、この光ファイバ10を同心円状に被覆するシリコン樹脂からなる下層被覆部14、ポリエステルアミドからなる被覆部16、及び着色UV硬化樹脂からなる最外層被覆部18とから構成されており、光ファイバ10及びシリコン樹脂からなる下層被覆部14は共に正の熱膨張係数を有しているのに対し、ポリエステルアミドからなる被覆部16は負の熱膨張係数、例えば $-1.8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C} \sim -7.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数を有している。このため、温度変化に伴う光ファイバ10及びシリコン樹脂からなる下層被覆部14の伸縮は、ポリエステルアミドからなる被覆部16の逆方向の伸縮により打ち消される。従って、温度変化に伴う光ファイバ回折格子の回折格子部12への応力の印加を防止することができるため、光弾性効果による光ファイバ10の屈折率の変化も生じず、回折格子部12による反射波長の変動を抑制することが可能となる。

上記のように、光ファイバガラス部10の直径が125 μ m、シリコン樹脂からなる下層被覆部14の外径が300 μ m、ポリエステルアミドからなる被覆部16の外径が900 μ mという条件の下では、温度変化に対する反射波長の変動を $1 \times 10^{-5} \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 以下とすることができた。こうして、光ファイバ回折格子の反射波長の温度変化に対する安定性を確保し、その信頼性を向上させることができた。

また、被覆部 16 を構成する材料としてポリエステルアミドを使用するだけで、上記図 6 に示したような特別の装置を必要としないため、単純な構成のコンパクトな光ファイバ回折格子とすることができる。更に、被覆部 16 に使用したポリエステルアミドは、従来のシリコン樹脂や UV 硬化樹脂などのプラスチック材料に比べて硬いため、外部応力が回折格子部 12 に影響を及ぼすことを防止することができる。従って、光ファイバ回折格子の取扱いも容易となり、種々の機器に簡単に組み込むことも可能となった。

なお、本実施例に係る光ファイバ回折格子においては、被覆部 16 を構成する熱互変性液晶重合体として、ポリエステルアミドを使用しているが、このポリエステルアミドに限定されず、例えばポリエステル、ポリアゾメチン、ポリエステルカルボネート及びこれらの混合物を使用してもよい（特公平 4-5165 参照）。

また、下層被覆部 14 を構成するプラスチック材料として、シリコン樹脂を使用しているが、このシリコン樹脂に限定されず、例えば UV 硬化樹脂などを使用してもよい。

図 2 は、図 1 の光ファイバ回折格子の製造方法を説明するフローチャートである。以下、図 2 を用いて、図 1 に示す光ファイバ回折格子の製造方法を説明する。

先ず、光ファイバ用プリフォームを加熱溶融して、光ファイバ 10 を線引きする。このとき、光学式測定器により光ファイバ 10 の外径を非接触で測定し、光ファイバ用プリフォームの送り速度や光ファイバの巻き取り速度を調整して、光ファイバ 10 の直径が $125\mu\text{m}$ になるように制御する（ステップ 1）。

続いて、外径測定器を通過した光ファイバ 10 の周囲に、シリコン樹脂からなる下層被覆部 14 を同心円状に形成する。このとき、光ファイバ 10 を取り囲む下層被覆部 14 の外径は $300\mu\text{m}$ となるように制御する（ステップ 2）。

次いで、光ファイバ 10 を被覆する下層被覆部 14 の一部を剥離した後、波長をモニターしながら、光ファイバ 10 の露出部内に、光ファイバ 10 の光軸方向

に沿って光ファイバ10のコアの屈折率が変化する回折格子部12を形成する(ステップ3)。

なお、この回折格子部12の形成方法には、例えば位相マスクを介して照射した紫外線を長方形のプリズム内で反射し、光ファイバ10表面で干渉を生じさせることにより形成する位相マスク法等がある(R.Kashyap, "Photosensitive Optical Fibers: Device and Applications", Optical Fiber Technology 1, 17-34(1994) 参照)。

こうして、光ファイバ10の所定の位置に、所定の周期、所定の長さの回折格子部12を形成した後、再度、その周囲にシリコン樹脂からなる下層被覆部14を形成する(ステップ4)。

次いで、下層被覆部14の一部を剥離して露出させた光ファイバ10内に、回折格子部12を形成するステップ3と、その回折格子部12の周囲に、再度下層被覆部14を形成するステップ4とを複数回数繰り返す。こうして、光ファイバ10の複数の箇所にそれぞれ回折格子部12を形成する。

次いで、通常の光ファイバケーブルの製造においてポリエチレン樹脂を被覆する際に使用する押出し装置と同様の押出し装置を使用し、複数の箇所に回折格子部12が形成されている光ファイバ10を被覆する下層被覆部14の周囲に、ポリエステルアミドを押し出して、被覆部16を形成する。このとき、光ファイバ10及び下層被覆部14を同心円状に取り囲むポリエステルアミドからなる被覆部16の外径は900 μ mとなるように制御する(ステップ5)。

次いで、このポリエステルアミドからなる被覆部16の周囲に、識別用の着色UV硬化樹脂からなる最外層被覆部18を形成する。このとき、被覆部16を取り囲むUV硬化樹脂からなる最外層被覆部18の外径は1mmとなるように制御する(ステップ6)。

次いで、所定の箇所において、最外層被覆部18、ポリエステルアミドからなる被覆部16、シリコン樹脂からなる下層被覆部14、及び光ファイバ10を切

断して、1の回折格子部12が形成された単位光ファイバ、その周囲の下層被覆部14、被覆部16、及び最外層被覆部18からなる光ファイバ回折格子ごとに分割する(ステップ7)。

最後に、こうして製作した光ファイバ回折格子が所望の反射波長を生じるか否かを検査する(ステップ8)。こうして、光ファイバ回折格子を完成させる。

このように第1の実施例に係る光ファイバ回折格子の製造方法においては、回折格子部12が形成された光ファイバ10の周囲にポリエステルアミドを押し出して、被覆部16を形成する際に、通常の光ファイバケーブルの製造においてポリエチレン樹脂を被覆する際に使用する押出し装置と同様の押出し装置を使用しているため、従来の光ファイバ回折格子の製造と比較して、何ら特別な困難を伴うことなく、容易に光ファイバ回折格子を製造することができる。

また、光ファイバ10の周囲の下層被覆部14の一部剥離と、露出した光ファイバ10内への回折格子部12の形成と、回折格子部12の周囲への下層被覆部14の再形成とを複数回繰り返して、光ファイバ10の複数の箇所に回折格子部12を形成した後、光ファイバ10の周囲に、ポリエステルアミドからなる被覆部16を一括して形成し、各光ファイバ回折格子ごとに分割しているため、光ファイバ回折格子を大量に、かつ連続的に製造することができる。

上記実施例の光ファイバ回折格子とは異なり、図7A、図7B、図8A、図8B及び図9A、図9Bに示される形態でも、同様の機能を果たすことができる。

図7A及び図7Bに示す光ファイバ回折格子($\lambda_B = 1550\text{ nm}$)では、液晶ポリマ(LCP (liquid crystalline polymer)、以下LCPと言う)の平板61(ユニチカ製ロッドランLC5000)上に上記実施例で使用している、回折格子部12が形成されている光ファイバ10が載置されており、そして、エポテック社製のエポキシ系接着剤(型番号:353ND)70を用いて、この光ファイバ10とLCP基板とが固定されている。ここで、使用した平板は、厚さ約2mmで、結晶は、面内の一方向に配向されており、線膨張係数は、T温度が2

0度以下で $\eta = -2 \sim -5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ であり、負の線膨張係数を有している。

また、更に、図8 A及び図8 Bに示す例は、図7 A、図7 BのLCPの平板6 1上にV溝6 3 a、6 3 b、6 3 cを形成し、その中に、光ファイバ10を配置したものである。そして、。光ファイバを固定するため、LCPの上平板6 2で押さえ、V溝6 3 a-6 3 c及び各平板6 1、6 2の間にエポキシ系接着剤7 0を注入して、光ファイバ10とLCPの平板6 1、6 2とを固定したものである。

又更に図9 A、図9 Bでは、回折格子部12を、LCPの押出し成形品であるチューブ（内径約0.2 mm、外径約0.9 mmで概ね長さ方向に結晶が配向されている）6 4で覆い、更に、チューブ内には、図8 A、図8 Bに示された例と同じエポキシ系接着剤7 0が充填され、光ファイバ10とチューブとが互いに固定されている。ここで、このLCPのパイプの線膨張係数は、 $\eta = -5 \sim -8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ の負の係数である。更に、ここで使用したエポキシ系接着剤（353ND）の線膨張係数は、 $\eta = 5.4 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ である。

更に、別の実施例としては、図10 A及び図10 Bに示される光ファイバ回折格子がある。この別の実施例では、図10 Aに示すように、ファイバ回折格子部12を熱可塑性樹脂パイプ6 5で覆い、更に熱収縮チューブ6 6で、この熱可塑性樹脂パイプ6 5を覆っている。更に、この熱可塑性樹脂パイプ6 5と熱収縮チューブ6 6との間にLCP製（上記実施例と同じ材料）の棒6 7（配向方向が長手ほぼ方向にある）を一本又は複数本挿入してある。この状態で、加熱することにより、一体化される。この加熱の際、熱可塑性樹脂パイプ6 5は図10 Bに示すように溶融され、また、周辺部に設けた熱収縮チューブが収縮する。これにより、ファイバ格子部12が、熱可塑性樹脂により補強されると共に、LCPの棒6 7と接着状態となって、上で説明した実施例と同じ機能を有することとなる。

このような構造でも、図1 A、図1 Bに示される光ファイバ回折格子と同様の安定性、信頼性を確保できる。

本発明の実施例である光ファイバ回折格子を適用した光ファイバ回折格子レー

ザを説明する。

このレーザ光源は、レーザ媒質と、このレーザ媒質の外部共振反射器として使用される少なくとも1つの上記の実施例に係る光ファイバ回折格子とを備える。

このように本実施例に係るレーザ光源においては、レーザ媒質の外部共振反射器の1つとして、上記の実施例に係る光ファイバ回折格子、即ち回折格子部12が形成された光ファイバガラス部10をポリエステルアミドからなる被覆部16が同心円状に取り囲み、温度変化による光ファイバ10の光学的伸縮を打ち消す光ファイバ回折格子を使用することにより、光ファイバ回折格子における反射波長の温度変化に対する安定性が確保されるため、温度変化に対するレーザの発振波長の安定性を確保することができる。

なお、強度特性や耐水素特性の改善のため、被覆部を2層とし、下層側でカーボンコートを実施してもよい。

以下、添付図面を参照して本実施例に係る光ファイバ回折格子のレーザ光源への適用例を説明する。

第1適用例

図3は第1適用例に係るレーザ光源の構成図である。図3に示すように、本適用例に係るレーザ光源においては、光を出射するレーザダイオード20の出射側端面に、反射率が約5%の反射防止膜22がコーティングされている。また、このレーザダイオード20の出射側端面は、結合レンズ24を介して、上記第1適用例に係る光ファイバ回折格子26の一方の端部に光学的に結合されている。

また、レーザ光を出力する光ファイバ回折格子26の他方の端部には、光ファイバケーブルと着脱するための光コネクタ28が取り付けられている。

図4は、図3のレーザ光源の発振波長の温度依存性を示すグラフである。本適用例に係るレーザ光源は、レーザ媒質としてレーザダイオード20を使用し、その外部共振反射器として上記の実施例に係る光ファイバ回折格子26を使用しており、この光ファイバ回折格子26の反射波長の温度変化に対する変動が 1×1

$0.5 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 以下と極めて小さいため、図4のグラフに示すように、周囲温度 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ において、常に発振波長は 980.00 nm となった。なお、比較のため、通常のUV硬化樹脂で被覆した光ファイバ回折格子を外部共振反射器として使用した場合を図4のグラフに併せて示すと、周囲温度が $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ と変化するのに伴って発振波長は $979.77 \text{ nm} \sim 979.89 \text{ nm} \sim 980.03 \text{ nm}$ と変動した。こうして、光ファイバ回折格子26を外部共振反射器として使用することにより、通常のUV硬化樹脂で被覆した光ファイバ回折格子を使用した場合に比べて、光ファイバ回折格子レーザの発振波長の温度変化に対する安定性を確保し、その信頼性を向上させることができた。

なお、本適用例に係るレーザ光源においては、レーザダイオード20と光ファイバ回折格子26とを結合レンズ24を介して光学的に結合しているが、この結合レンズ24の代わりに、光ファイバ回折格子26の先端を加工してレンズ作用をもたせたファイバレンズを用いてもよい。

第2適用例

図5は、第2適用例に係るレーザ光源の構成図である。図5に示すように、本適用例に係るレーザ光源においては、希土類添加光ファイバ、例えばEDF (Erbium Doped Fiber; エルビウム添加光ファイバ) 30の一端が、HR (Highly Reflective) ミラー32に結合され、このHRミラー32は、励起光を出射する励起光源34に光学的に結合されている。また、EDF 30の他端は、上記の実施例に係る光ファイバ回折格子26に光学的に結合されている。そしてこの光ファイバ回折格子26には回折格子部28が形成されている。更に、レーザ光を出力する光ファイバ回折格子26の他方の端部には、光ファイバケーブルと着脱するための光コネクタ40が取り付けられている。

このように本適用例に係る光ファイバ回折格子レーザは、レーザ媒質としてEDF 30を使用した光ファイバレーザにおいて、その外部共振反射器として上記の実施例に係る光ファイバ回折格子26を使用しており、この光ファイバ回折格

子26の反射波長の温度変化に対する変動が極めて小さいため、第1適用例の場合と同様に、通常のUV硬化樹脂で被覆した光ファイバ回折格子を外部共振反射器として使用した場合に比べて、光ファイバ回折格子レーザの発振波長の温度変化に対する安定性を確保し、その信頼性を向上させることができた。

産業上の利用可能性

上述のように、本発明によれば、分割多重伝送波長分割伝送において重要な役割をはたす光部品及びその製造方法、更にそれを使用した応用装置を提供することができる。

又、本発明に係る光ファイバ回折格子によれば、正の熱膨張率を有する光ファイバの周囲が液晶高分子からなる被覆部によって取り囲まれており、また、この液晶高分子材料は負の熱膨張係数を有していることにより、周囲温度の変化に伴う光ファイバの光学的伸縮が液晶高分子からなる被覆部の逆方向の伸縮により打ち消されるため、回折格子部による反射波長の変動が防止される。従って、光ファイバ回折格子の反射波長の温度変化に対する安定性を確保し、その信頼性を向上させることができる。

また、本発明に係る光ファイバ回折格子の製造方法によれば、回折格子部が形成された光ファイバの周囲に、液晶高分子を押し出して被覆部を形成するため、容易に本発明の光ファイバ回折格子を製造することができる。

更に、光ファイバ内への回折格子部の形成を繰り返して、光ファイバの複数の箇所回折格子部を形成した後、光ファイバガラス部の周囲に液晶高分子からなる被覆部を一括して形成し、各光ファイバ回折格子ごとに分割することにより、光ファイバ回折格子を大量に、かつ連続的に製造することができる。

また、本発明に係るレーザ光源は、レーザ媒質の外部共振反射器として本発明に係る光ファイバ回折格子を使用することにより、光ファイバ回折格子における反射波長の温度変化に対する安定性が確保されるため、温度変化に対するレーザの発振波長の安定性を確保することができる。

請求の範囲

1. 光軸方向に沿ってコアの屈折率が変化する回折格子部を備える、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバと、

前記回折格子部が形成された前記光ファイバを同心円状に取り囲む、前記使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子からなる第1の被覆部と、

を備えることを特徴とする光ファイバ回折格子。

2. 前記光ファイバと前記第1の被覆部との間に、光ファイバを同心円状に取り囲む、プラスチック材料またはカーボン材料からなる第2の被覆部を有する、ことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ回折格子。

3. 光ファイバ用プリフォームを線引きして、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバを作製する第1の工程と、

前記光ファイバの光軸方向に沿って、少なくともコアの屈折率を変化させて回折格子部を形成する第2の工程と、

前記回折格子部が形成された前記光ファイバの周囲に、前記使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子材料を押し出し形成し、前記光ファイバを同心円状に取り囲む前記液晶高分子からなる第1の被覆部を形成する第3の工程と、

を備えることを特徴とする光ファイバ回折格子の製造方法。

4. 前記第2の工程が、前記光ファイバガラス部の複数の箇所に前記回折格子部を形成する工程であり、

前記第3の工程の後に、前記液晶高分子からなる第1の被覆部および前記光ファイバを切断して、1の回折格子部が形成された単位光ファイバおよび前記単位光ファイバの周囲の前記第1の被覆部ごとに分割する第4の工程を更に備える、

ことを特徴とする請求項3記載の光ファイバ回折格子の製造方法。

5. 光ファイバ用プリフォームを線引きして、使用温度範囲で正の熱膨張係数を有する光ファイバを作製する第1の工程と、

前記光ファイバの周囲に、前記光ファイバを同心円状に取り囲む第2の被覆部

を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 の被覆部の一部を剥離した後、露出した前記光ファイバ部の光軸方向に沿って、少なくともコアの屈折率を変化させて回折格子部を形成する第 3 の工程と、

前記回折格子部が形成された前記光ファイバの周囲に、再度前記第 2 の被覆部を形成する第 4 の工程と、

前記光ファイバを被覆する前記第 2 の被覆部の周囲に、前記使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する液晶高分子材料を押し出し形成し、前記光ファイバを同心円状に取り囲む前記液晶高分子からなる第 1 の被覆部を形成する第 5 の工程と、

を備えることを特徴とする光ファイバ回折格子の製造方法。

6. 前記第 3 及び第 4 の工程が、前記第 2 の被覆部の一部を剥離した後、露出した前記光ファイバ内に前記回折格子部を形成する工程及び前記回折格子部が形成された前記光ファイバの周囲に、再度前記第 2 の被覆部を形成する工程を複数回繰り返して、前記光ファイバの複数の箇所にも前記回折格子部を形成すると共に、複数の箇所にも前記回折格子部が形成された前記光ファイバの周囲に、再度前記第 2 の被覆部を形成する工程であり、

前記第 5 の工程の後に、前記第 1 の被覆部および前記光ファイバを切断して、1 の回折格子部が形成された単位光ファイバおよび前記単位光ファイバの周囲の前記第 1 の被覆部ごとに分割する工程を更に備える、

ことを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ回折格子の製造方法。

7. レーザ媒質と、

前記レーザ媒質の外部共振反射器の少なくとも 1 つである請求項 1 記載の光ファイバ回折格子と、

を備えることを特徴とするレーザ光源。

8. 前記レーザ媒質はレーザダイオードを備えることを特徴とする請求項 7 記載のレーザ光源。

9. 前記レーザ媒質は、励起光を出射する励起光源と、前記励起光を入力する希土類添加光ファイバとを備えることを特徴とする請求項7記載のレーザ光源。

図 1 A

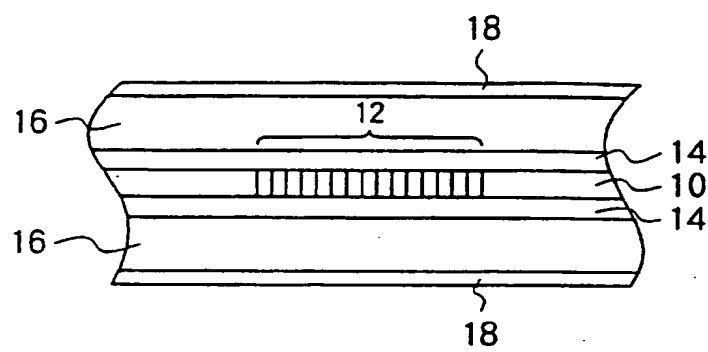


図 1 B

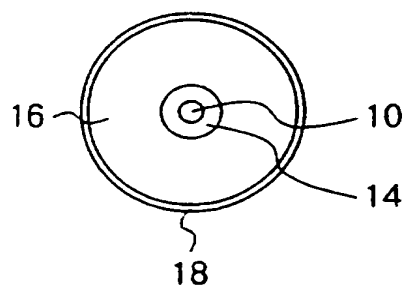


図 2

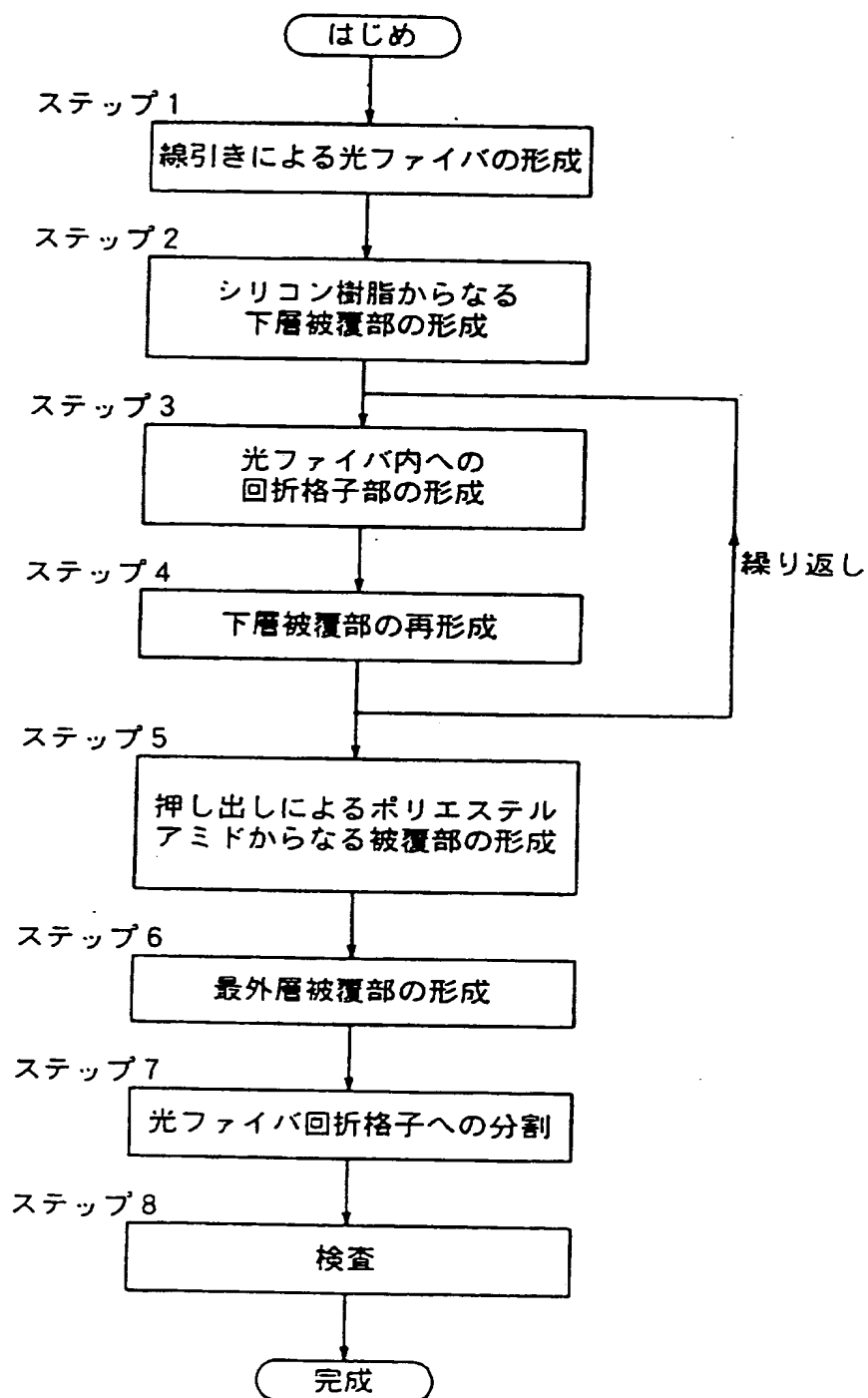


図 3

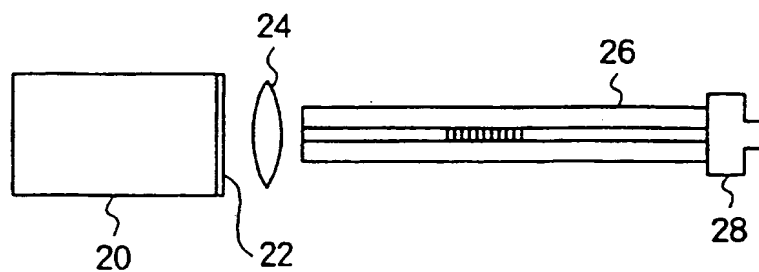


図 4

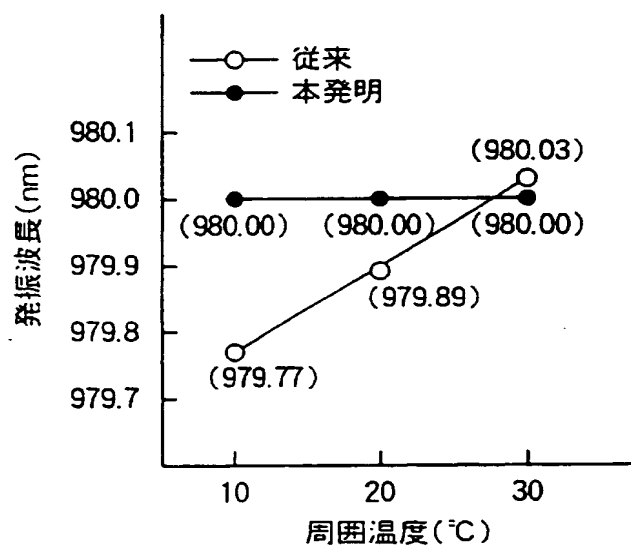


図 5

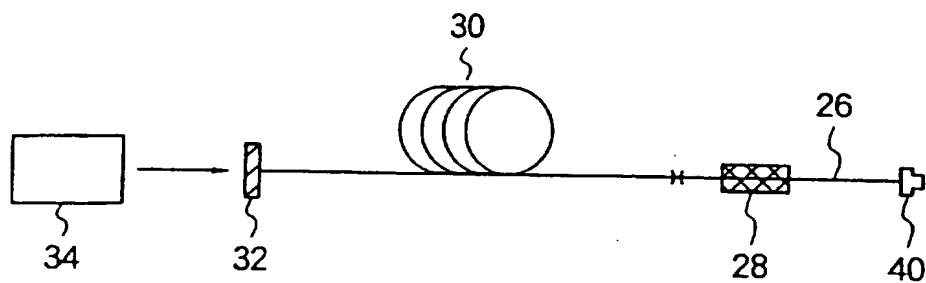
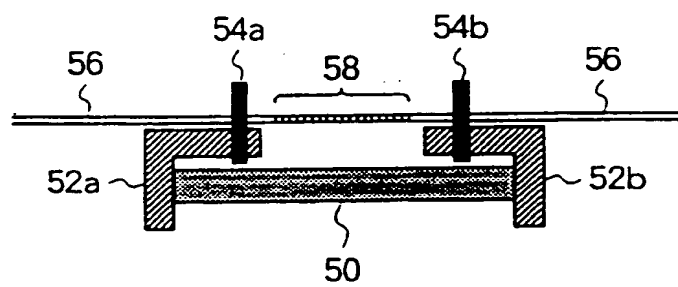
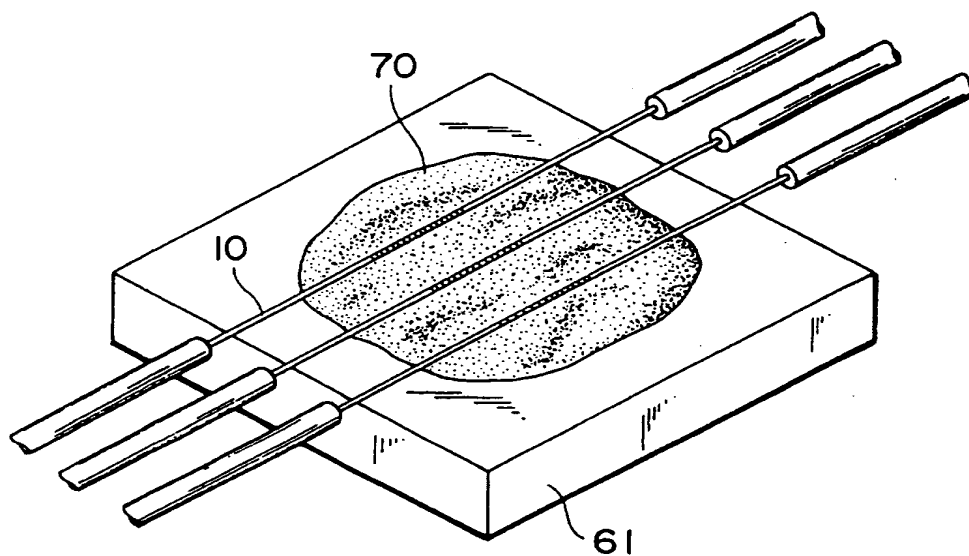


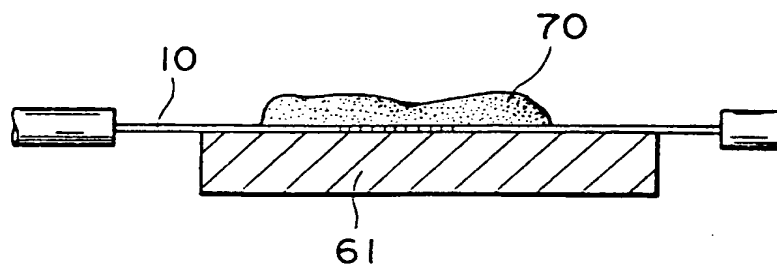
図 6



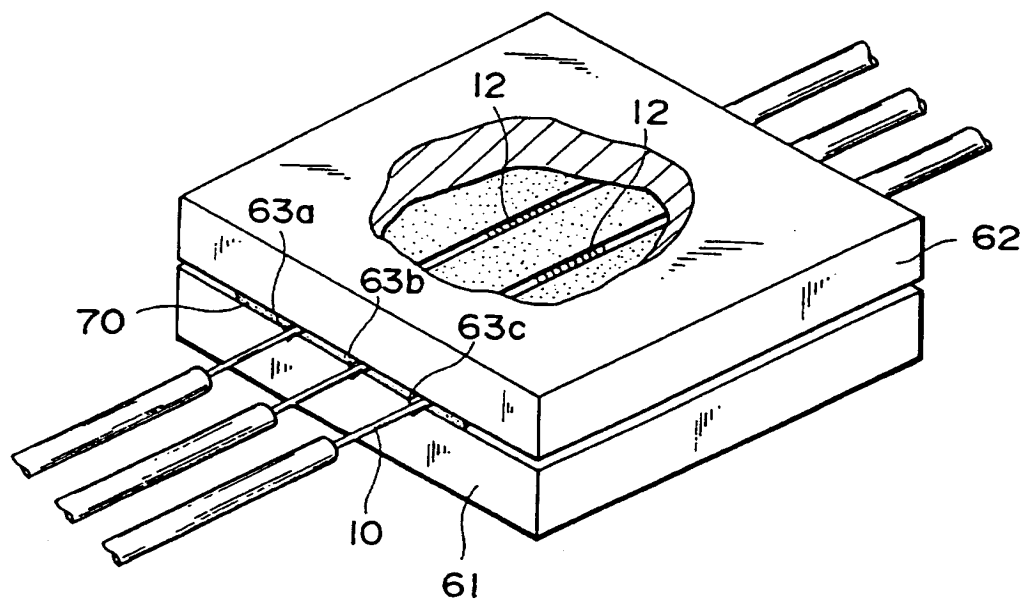
7 A



7 B



☒ 8 A



☒ 8 B

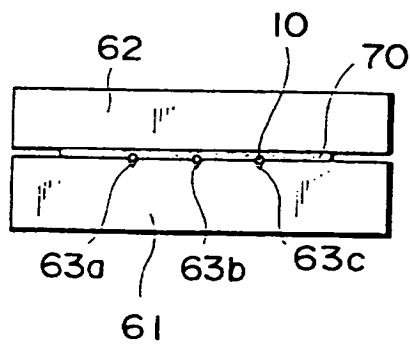


図 9 B

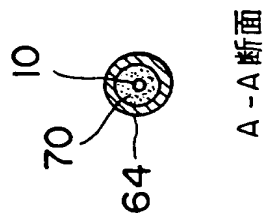


図 9 A

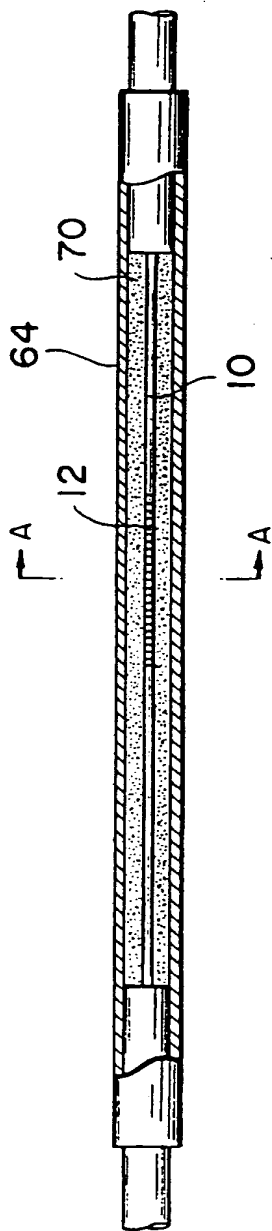


図10A

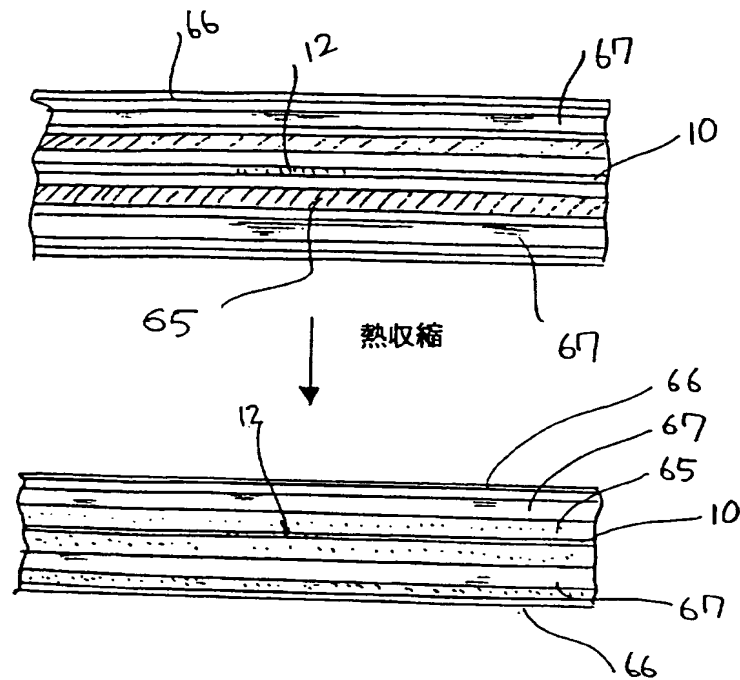
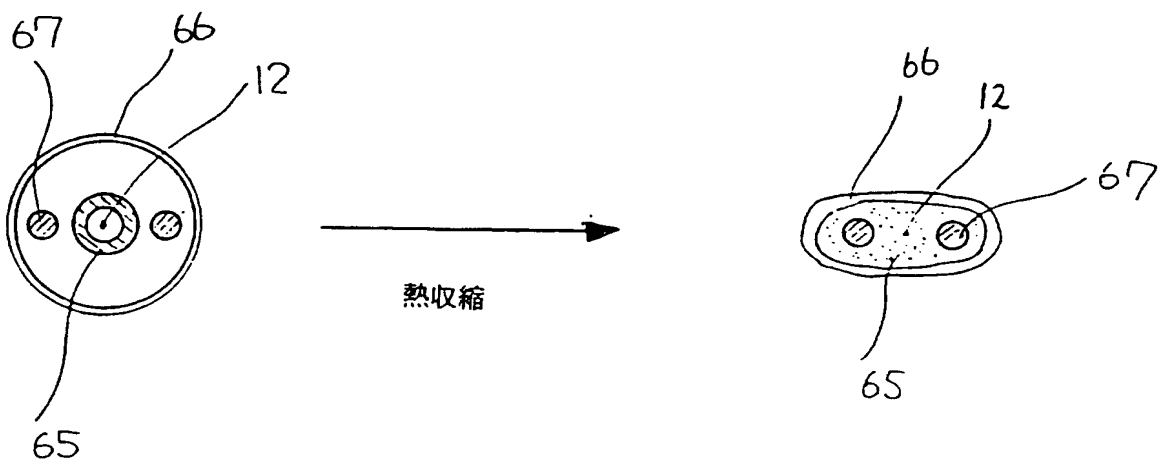


図10B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/03000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G02B5/18, G02B6/00, H01S3/08, H01S3/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ G02B5/18, G02B6/00, H01S3/08, H01S3/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1996

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 7-92313, A (Toshiba Corp.), April 7, 1995 (07. 04. 95) (Family: none)	1 - 9
Y	JP, 62-500052, A (United Technologies Corp.), January 8, 1987 (08. 01. 87) & WO, 86/01303, A1	1 - 9
Y	JP, 1-157438, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), June 20, 1989 (20. 06. 89) (Family: none)	1 - 9
Y	JP, 63-15488, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), January 22, 1988 (22. 01. 88) (Family: none)	7, 8
Y	JP, 6-291423, A (American Telephone and Telegraph Co.), October 18, 1994 (18. 10. 94) & US, 5305336, A & EP, 611097, A1	7, 8
Y	JP, 6-21536, A (American Telephone and	9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
February 6, 1997 (06. 02. 97)Date of mailing of the international search report
February 18, 1997 (18. 02. 97)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/03000

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	<p>Telegraph Co.), January 28, 1994 (28. 01. 94) & US, 5237576, A & EP, 569174, A1</p>	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP96/03000

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ G02B 5/18, G02B 6/00, H01S 3/08, H01S 3/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ G02B 5/18, G02B 6/00, H01S 3/08, H01S 3/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1996年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 7-92313, A (株式会社東芝) 7. 4月. 1995 (07. 04. 95) (ファミリーなし)	1-9
Y	JP, 62-500052, A (ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション) 8. 1月. 1987 (08. 01. 87) & WO, 86/01303, A1	1-9
Y	JP, 1-157438, A (住友電気工業株式会社) 20. 6月. 1989 (20. . 06. 89) (ファミリーなし)	1-9
Y	JP, 63-15488, A (住友電気工業株式会社) 22. 1月. 1988 (22. . 01. 88) (ファミリーなし)	7, 8
Y	JP, 6-291423, A (アメリカン テレフォン アンド テレグラフ カム パニー) 18. 10月. 1994 (18. 10. 94) & US, 5305336, A & EP, 611097, A1	7, 8
Y	JP, 6-21536, A (アメリカン テレフォン アンド テレグラフ カムパ ニー) 28. 1月. 1994 (28. 01. 94) & US, 5237576, A	9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 02. 97

国際調査報告の発送日

18.02.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小橋 立昌

2K 8507

電話番号 03-3581-1101 内線 3225

國際出願番号 PCT/J P 96/03000

國際出願番号 PCT/J P 96/03000

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 & E P, 5 6 9 1 7 4, A 1	関連する 請求の範囲の番号